

PTO/PCT Rec'd 20 AUG 2000

1

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Synchronisation eines Empfängers mit einem Sender

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation eines Empfängers mit einem Sender/Sendesignal in einem digitalen Nachrichtenübertragungssystem, insbesondere einem Mobilfunksystem, wobei das Verfahren einen Schritt einer Zeit-
10 Synchronisation unter Einsatz mindestens einer auf einen vorbestimmten Synchronisationscode abgestimmten Filtereinrichtung aufweist, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

15 Es ist bekannt, in Nachrichtenübertragungssystemen physikalische Kanäle zur Übertragung von Kommunikationsinformation sowie von Synchronisationsdaten zu nutzen. Durch Nutzung dieser physikalischen Kanäle wird zum einen die digitalisierte Nachricht und zum anderen ein Synchronisationssignal von einer Sende- zu einer Empfangsstation, insbesondere auf drahtlosem Weg von einer ersten Funkstation zu einer zweiten Funkstation, übermittelt.

Bei Übertragungs- bzw. Kommunikationssystemen, die nach dem
25 DS-CDMA-Prinzip (Direct-Sequence Coding Spread Spectrum Principle) arbeiten, wird ein digitales Informationssignal niedriger Bandbreite mit einem hochfrequenten Bitstrom hoher Bandbreite moduliert. Dieser wird durch einen Spreizcode-Generator erzeugt. Im Empfänger wird eine mit der Spreizcode-
30 folge, wie sie zur Modulation im Sender verwendet wurde, identische Codefolge erzeugt. Zur Gewährleistung einer korrekten Arbeitsweise des Empfängers muß diese empfängerseitige Codefolge mit dem Sender synchronisiert sein. Dann erhält man durch Demodulation und Integration das "entspreizte" Informa-
35 tionssignal. Wichtigste Aufgabe der Synchronisation während der Signalakquisitionsphase ist es, die zeitliche Lage und Phase eines Synchronisationssignals zu detektieren. Daneben

gibt es, je nach Betriebsweise und Protokoll des digitalen Nachrichtenübertragungssystems, weitere wichtige Synchronisationsaufgaben, zu denen bei einem unter Einbeziehung von Zeitmultiplex- bzw. TDMA (Time Division Multiple Access)-
5 Aspekten betriebenen System insbesondere die Zeitschlitz- (Slot-)Synchronisation und die Rahmen-(Frame-)Synchronisation gehören.

Bei dem zukunftsorientierten System UMTS/WCDMA-FDD (Universal
10 Mobile Telecommunication System/Wide Band Code Division Multiple Access-Frequency Division Duplex) wird beim derzeitigen Stand der Standardisierung ein dreistufiges Verfahren zur Synchronisation während der Akquisitionsphase vorgeschlagen. Während der anfänglichen Zellsuche sucht die Mobilstation
15 diejenige Basisstation, zu der der Übertragungsverlust am niedrigsten ist. Hierzu sind ein primärer Synchronisationskanal (PSCH = Primary Synchronisation Channel) und ein sekundärer Synchronisationskanal (SSCH = Secondary Synchronisation Channel) definiert. Während des ersten Schrittes
20 wird zur Gewinnung der Zeit-Synchronisation auf die stärkste Basisstation der PSCH genutzt. Mittels eines einzelnen, auf einen primären Synchronisationscode c_p , der allen Basisstationen gemeinsam ist, abgestimmten Filters werden Peaks für jede innerhalb der Reichweite der Mobilstation liegende Ba-
25 sisstation ermittelt. Die Erfassung der Position des stärksten Peaks liefert das Timing der stärksten Basisstation modulo der Zeitschlitzlänge. Zur Erhöhung der Zuverlässigkeit wird der Ausgang des abgestimmten Filters über eine Anzahl von Zeitschlitzten inkohärent akkumuliert.

30

Dem zweiten Schritt des Synchronisationsvorgangs bilden die Rahmensynchronisation und die Codegruppen-Identifikation für die im ersten Schritt gefundene Basisstation, die unter Nutzung des SSCH ausgeführt werden. Hierzu wird das Empfangs-
35 signal an den Positionen eines sekundären Synchronisationscodes c_s mit allen gemäß dem Systemprotokoll möglichen (hier: 17) sekundären Synchronisationscodes korreliert. Die Einzel-

heiten dieses Schrittes sind im gegebenen Zusammenhang ebenso von untergeordneter Bedeutung wie diejenigen des dritten Schritts, der in der Identifikation des sogenannten "Scramblingcode" besteht, der durch die ermittelte Basisstation benutzt wird. Einzelheiten dieser Schritte sind für das als
5 Beispiel genannte System im Systemdokument "ETSI STC SMG2 UMTS-L1 163/98, UTRA/FED Physical Layer Description" angegeben.

10 Es ergibt sich, daß für die Zeit-Synchronisation ein spezieller physikalischer Kanal, nämlich der PSCH, vorgesehen ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der gattungsgemäßen Art, bei dem die Empfangssignalenergie für
15 den Vorgang der Zeit-Synchronisation besser ausgenutzt wird und dadurch Meßzeit und Stromverbrauch für den Synchronisationsvorgang verringert werden, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens anzugeben.

20 Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrensaspekts durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und bezüglich ihres Vorrichtungsaspekts durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst.

25 Die Erfindung schließt die grundsätzliche technische Lehre ein, mindestens einen zusätzlichen physikalischen Kanal des Nachrichtenübertragungssystems für die Zeit-Synchronisation zu nutzen. Hierdurch wird die Ausnutzung der Empfangssignalenergie verbessert, der Zeitaufwand verringert und der Strom-
30 verbrauch im Empfänger gesenkt. Unter einem physikalischen Kanal wird dabei ein solcher verstanden, der durch seine Frequenz, einen Spreizcode, die Zeitfenster-Lage oder einen Raummultiplex-Zustand charakterisiert ist.

35 Eine Zeitsynchronisation umfaßt insbesondere die Slot- oder Zeitschlitz-Synchronisation, aber auch eine Frame-(Rahmen-) oder eine Symbol-Synchronisation.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird ein gemäß dem Übertragungsprotokoll des Nachrichtenübertragungssystems zu einem anderen Zweck als demjenigen der Zeit-Synchronisation vorgesehener Synchronisationskanal genutzt. Bei dem oben skizzierten System ist dies der sekundäre Synchronisationskanal (SSCH). Eine Realisierungsmöglichkeit, die mit vergleichsweise geringem Rechenaufwand auskommt, ergibt sich in diesem Fall, daß die Codeworte des zweiten Synchronisationskanals durch Modulation mit sogenannten Hadamard-Folgen aus dem Code des primären Synchronisationskanals oder einem anderen bekannten Code gewonnen sind. Dann kann die Auswertung der Korrelationen im sekundären Synchronisationskanal zum Zwecke der Zeit-Synchronisation nämlich über eine sogenannte "Fast-Hadamard"-Transformation durchgeführt werden.

Es ist aber auch grundsätzlich möglich, mindestens einen Kontroll- oder Datenkanal des Systems zusätzlich zur Zeit-Synchronisation zu nutzen. Dies erfordert die Festlegung bestimmter Kanalspezifikationen.

Das vorgeschlagene Verfahren schließt eine getrennte Korrelations-Auswertung in den zur Zeit-Synchronisation benutzten Kanälen und die anschließende Verknüpfung der Auswertungsergebnisse zu einem Zeit-Synchronisationsindikator ein. Diese Verknüpfung erfolgt inkohärent, sofern das Systemprotokoll keinen festen Phasenbezug zwischen den zur Zeit-Synchronisation genutzten Kanälen vorsieht. Besonders vorteilhaft ist indes das Vorsehen eines festen und/oder definierten Phasenbezugs insbesondere von $\pm 90^\circ$ und möglichst auch derselben Antenne bei der Aussendung der beiden Kanäle im Systemprotokoll, was eine Verknüpfung durch kohärente Akkumulation und damit eine gegenüber inkohärenter Akkumulation verbesserte Detektion möglich macht.

Das vorgeschlagene Vorgehen bietet im übrigen die Möglichkeit, daß im Schritt der Zeit-Synchronisation erhaltene Zwi-

schenergebnisse gespeichert und für weitere Schritte, z.B. die Identifizierung des Scramblingcodes, genutzt werden.

Das vorgeschlagene Verfahren wird entweder permanent oder in
5 Abhängigkeit von der Erfüllung einer vorbestimmten Bedingung angewandt, insbesondere in Abhängigkeit von der Auswertbarkeit der Signale in den jeweils grundsätzlich für die Zeit-Synchronisation nutzbaren Kanälen - ausgedrückt etwa durch die Überschreitung eines Schwellwerts der Signalamplitude,
10 die Unterschreitung eines Schwellwerts in der Bitfehlerate oder ähnliches.

Die Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist insbesondere zum Einsatz in der Mobilstation eines Mobilfunknetzes geeignet und vorgesehen. Sie umfaßt zur
15 Auswertung mehrere Korrelatorstufen und eine Berechnungseinheit zur Berechnung des Zeit-Synchronisationsindikators aus den Ausgängen der einzelnen Korrelatorstufen gemäß einem in Abhängigkeit vom Systemprotokoll gewählten Algorithmus der
20 inkohärenten oder kohärenten Akkumulation. Die Ausgangssignale der Korrelatorstufen werden durch lineare Kombination verknüpft. Es ergeben sich dabei folgende Methoden der inkohärenten Akkumulation:

- Gleichgewichtige Kombination
 - 25 • Quadratische Kombination
 - Auswahlmethode
- oder die kohärente Akkumulation.

Vorteile und Zweckmäßigkeiten der erfindungsgemäßen Lösung
30 ergeben sich im übrigen aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform anhand der Figur.

Die Figur ist eine Prinzipdarstellung, die im folgenden sowohl zur Erläuterung einer Ausführungsform des Verfahrens als
35 auch einer bevorzugten Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens dient.

Die Figur zeigt eine Vorrichtung 1 zur Zeit-Synchronisation, die als Komponente einer nach dem UMTS/WCDM-FDD-Standard arbeitenden (nicht insgesamt dargestellten) Mobilstation einsetzbar ist. Ein Empfangssignal $x(k)$ wird einer Synchronisations-Auswertung in einem primären Synchronisationskanal PSCH sowie einem sekundären Synchronisationskanal SSCH unterzogen. Im primären Synchronisationskanal PSCH ist eine Korrelatorstufe 3 vorgesehen.

10

Die Korrelatorstufe 3 berechnet gemäß der Beziehung

$$y_p(\kappa) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1.2560} x^*(k + \kappa) \cdot c_p(k) \quad (1)$$

15 worin gilt:

N Konstante zur Normierung (hier 2560)
 $x^*(k)$ konjugiert komplexes Eingangssignal
 c_p Primärer Synchronisationscode entsprechend
 20 UMTS/WCDMA-FDD Spezifikation 256 Chips (hier 2560
 Chips mit $c_p = 0$ außerhalb der 256 spezifizierten
 Chips)

25 die Korrelationsfunktion (Korrelation) für den primären Synchronisationskanal PSCH.

Im sekundären Synchronisationskanal SSCH wird das Eingangssignal (gemäß den zum Anmeldezeitpunkt ausgearbeiteten Protokollfestlegungen) 17 Korrelatoren zugeführt, die in der Figur
 30 zusammenfassend mit der Bezugsziffer 5 bezeichnet sind. Diese bestimmen gemäß der Beziehung

$$y_s^i(\kappa) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1.2560} x^*(k + \kappa) \cdot c_s^i(k) \quad (2),$$

35

die Korrelationen $y_s^1(\kappa) \dots y_s^{17}(\kappa)$,

wobei die oben genannte Erläuterung der Symbole N und $x^*(k)$ und zudem gilt:

c_s^i Einer von 17 sekundären Synchronisationscodes entsprechend UMTS/WCDMA-FDD Spezifikation 256 Chips (hier 2560 Chips mit $c_s^i = 0$ außerhalb der 256 spezifizierten Chips), $i = 1 \dots 17$ je nach Synchronisationscode.

Die Ausgangssignale der Korrelatoren 3 und 5 werden einer Auswertungs- bzw. Berechnungseinheit 9 zugeführt, die entweder gemäß der Beziehung

$$z(\kappa) = \max_i |y_p(\kappa) + k(y_s^i(\kappa))|^2 \quad (3)$$

kohärent oder gemäß der Beziehung

$$z(\kappa) = |y_p(\kappa)|^2 + k \left| \max_i (y_s^i(\kappa)) \right|^2 \quad (4),$$

oder

$$z(\kappa) = |y_p(\kappa)| + k \left| \max_i (y_s^i(\kappa)) \right| \quad (5),$$

worin k eine reelle Konstante ist,

inkohärent die Gesamt-Korrelation $z(\kappa)$ als Zeit-Synchronisationsindikator berechnet. Dieser wird in einer nachgeschalteten Auswertungsstufe 9 einer Akkumulation modulo der Zeitschlitzlänge und anschließend einer Maximumdetektion in einem Maximumdetektor 11 unterzogen, in deren Ergebnis die Zeit-Synchronisation mit der "besten" Basisstation des Mobilfunksystems hergestellt ist.

- Hinsichtlich der Berechnung besonders einfach gestaltet sich die Korrelationsauswertung im sekundären Synchronisationskanal SSCH bei dem als Beispiel erläuterten UMTS/WCDMA-FDD-System, wenn die Codeworte des sekundären Synchronisationskanals aus dem Code des primären Synchronisationskanals PSCH oder einem anderen bekannten Code durch Modulation mit sogenannten Hadamard-Folgen gebildet werden, wie im Tagungsbeitrag Ericsson, ETSI SMG2 UMTS L1 Export Group, Meeting # 6, Helsinki, FI, 8.-11 September 1998, vorgeschlagen. In diesem Fall wird eine Fast-Hadamard-Transformation angewandt, die als solche ebenfalls in den genannten Veröffentlichung beschrieben ist.
- 15 Die Ausführung der Erfindung ist nicht auf dieses Beispiel beschränkt, sondern - in entsprechend dem jeweiligen Systemprotokoll angepaßter Form - auch bei anderen digitalen Nachrichtenübertragungssystemen möglich, bei denen eine Zeit-Synchronisation eines Empfangssignals relevant ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Synchronisation eines Empfängers mit einem Sender bzw. einem Sendesignal in einem Nachrichtenübertragungssystem, insbesondere einem Mobilfunksystem, wobei das
5 Verfahren einen Schritt einer Zeit-Synchronisation aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß zur Synchronisation mindestens zwei physikalische Kanäle des Nachrichtenübertragungssystems parallel zueinander ge-
10 nutzt werden und eine getrennte Korrelationsauswertung vorgenommen wird und die Auswertungsergebnisse der Kanäle ($y_p(\kappa)$, $y_s^1(\kappa) \dots y_s^{17}(\kappa)$) anschließend zu einem Zeit-Synchronisations-Indikator verknüpft werden.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein zu einem anderen Zweck vorgesehener Kanal mit mindestens teilweise bekannter Sendesignalfolge zur Zeit-Synchronisation genutzt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kanal mit mindestens teilweise bekannter Sendesignalfolge ein Kontroll- oder Datenkanal des Nachrichtenübertra-
25 gungssystems ist.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kanal mit mindestens teilweise bekannter Sendesignalfolge ein Synchronisationskanal, insbesondere für eine über-
30 geordnete Rahmenstruktur, ist.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
35 daß bekannte Codeworte eines zweiten Kanals durch Modulation mit Hadamard-Folgen gebildet werden und die Korrelations-

auswertung im zweiten Kanal über eine Fast-Hadamard-Transformation ausgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
5 daß das Protokoll des Nachrichtenübertragungssystems keinen festen Phasenbezug zwischen den zur Zeit-Synchronisation genutzten Kanälen vorsieht und die Verknüpfung der Auswertungsergebnisse der Kanäle durch inkohärente Akkumulation
10 erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
15 daß das Protokoll des Nachrichtenübertragungssystems einen festen oder definierten Phasenbezug zwischen den zur Zeit-Synchronisation benutzten Kanälen und insbesondere auch die Aussendung dieser Kanäle über dieselbe Antenne vorsieht und die Verknüpfung der Auswertungsergebnisse der Kanäle durch kohärente Akkumulation erfolgt.

20 8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
daß im Schritt der Zeit-Synchronisation erhaltene Ergebnisse gespeichert und für einen weiteren Synchronisationsschritt,
25 insbesondere für eine Rahmensynchronisation, genutzt werden.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
30 daß als vorbestimmte Bedingung die Über- bzw. Unterschreitung eines Schwellwerts eines die Auswertbarkeit der Signale des entsprechenden Kanals kennzeichnenden Parameters, insbesondere der Signalamplitude oder der Bitfehlerrate, definiert ist.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Auswertungsergebnisse der Kanäle vor der Verknüpfung
in Abhängigkeit von einem die Auswertbarkeit der Signale des
5 entsprechenden Kanals kennzeichnenden Parameters, insbeson-
dere der Signalamplitude oder der Bitfehlerrate, gewichtet
werden.

11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem
10 der vorangehenden Ansprüche, insbesondere zum Einsatz in der
Mobilstation eines Mobilfunknetzes, mit einem Empfangsteil
für die zur Zeit-Synchronisation genutzten Kanäle,
gekennzeichnet durch
je mindestens eine den genutzten Kanälen (PSCH, SSCH) zuge-
15 ordnete Korrelatorstufe (3, 5) zur kanalweisen Bestimmung der
Empfangssignal-Korrelation ($y_p(\kappa)$, $y_s^1(\kappa) \dots y_s^{17}(\kappa)$) und eine
den Korrelatorstufen nachgeschaltete Berechnungseinheit (7)
zur Berechnung des Zeit-Synchronisations-Indikators ($z(\kappa)$).

20 12. Vorrichtung nach Anspruch 11,
gekennzeichnet durch
die Ausbildung zur Bestimmung und Auswertung der Korrelation
in einem primären Synchronisationskanal zur Rahmen- oder Sym-
bolsynchronisation und einem sekundären Synchronisationskanal
25 zur Synchronisation auf eine übergeordnete Rahmenstruktur
und/oder zur Identifizierung weiterer Parameter, wie einer
Scramblingcode-Gruppe, der aus einem oder mehreren unter-
schiedlichen, aber bekannten Codewort bzw. Codewörtern be-
steht.

30 13. Vorrichtung nach Anspruch 12,
gekennzeichnet durch
eine der Berechnungseinheit (7) nachgeschaltete Auswertungs-
stufe (9) zur Akkumulation und einen mit deren Ausgang ver-
35 bundenen Maximumdetektor (11).

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13,
gekennzeichnet durch
die Ausbildung der Berechnungseinheit (7) zur kohärenten oder
inkohärenten Akkumulation der Ausgangssignale ($y_p(\kappa)$, $y_s^1(\kappa)$
5 ... $y_s^{17}(\kappa)$) der Korrelatorstufen (3, 5).

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur zeitlichen Synchronisation eines Empfängers mit einem Sender

5

Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur zeitlichen Synchronisation eines Empfängers mit einem Sender in einem Nachrichtenübertragungssystem, insbesondere einem Mobilfunksystem, beschrieben, wobei die Synchronisation mindestens bei

10 Erfüllung einer vorbestimmten Bedingung unter Nutzung mindestens zweier physikalischer Kanäle des Nachrichtenübertragungssystems parallel zueinander ausgeführt wird, indem in den Kanälen eine getrennte Korrelationsauswertung vorgenommen wird.

15

